

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/527158

REC'D 27 OCT 2003

WIPO

PCT



PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 41 731.8

Anmeldetag: 11. September 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Keramischer Körper mit einer homogenen
Keramikschicht und Verfahren zum Herstellen
des keramischen Körpers

IPC: H 01 L, C 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "DPM".

Wallner

BEST AVAILABLE COPY



Beschreibung

Keramischer Körper mit einer homogenen Keramikschicht und Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers

- 5 Die Erfindung betrifft einen keramischen Körper mit mindestens einer im Wesentlichen homogenen Keramikschicht. Daneben wird ein Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers angegeben.
- 10 Ein keramischer Körper der genannten Art und ein Verfahren zu dessen Herstellung sind aus US 6 260 248 B1 bekannt. Der keramische Körper ist ein Piezoaktor in Vielschichtbauweise. Der Piezoaktor besteht aus einer Vielzahl übereinander angeordneter Keramikschichten mit einem keramischen Material aus dotiertem Bleizirkonattitanat $Pb(Zr,Ti)O_3$. Zwischen zwei Keramikschichten ist jeweils eine als Innenelektrode bezeichnete Elektrodenschicht aus einer Silber-Palladium-Legierung angeordnet.
- 15 15 Zum Herstellen des Piezoaktors wird eine Vielzahl von mit der Legierung bedruckten keramischen Grünfolien übereinander zu einem Stapel angeordnet. Die keramischen Grünfolien bestehen aus einer Grünkeramik. Die Grünkeramik ist eine noch nicht verdichtete Keramik und besteht aus pulverförmigem Bleizirkonattitanat und einem organischen Binder. Eine Schichtdicke der Grünfolie beträgt beispielsweise 100 μm .
- 20 20 Der Stapel aus bedruckten Grünfolien wird verfestigt. Dazu wird der Stapel laminiert und nachfolgend einer Wärmebehandlung unterzogen. Die Wärmebehandlung umfasst ein Entbindern der keramischen Grünfolien und ein nachfolgendes Sintern. Es resultiert der Piezoaktor in Vielschichtbauweise, wobei die einzelnen Keramikschichten im Wesentlichen homogen sind. Der gesamte Piezoaktor ist dagegen inhomogen. Im Volumen des Piezoaktors sind die Innenelektroden aus der Silber-Palladium-Legierung angeordnet. Es gibt zumindest eine
- 30 30
- 35 35

erste Phase aus Bleizirkonattitanat und eine weitere Phase mit der Silber-Palladium-Legierung. Die einzelnen Phasen bilden jeweils eine chemische und physikalische Einheit. Beide Phasen sind nicht homogen über den gesamten Piezoaktor 5 verteilt.

Allgemein ist eine Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer mechanischen Spannung in einem inhomogenen keramischen Körper relativ groß. Beispielsweise kommt es bei dem beschriebenen 10 Piezoaktor an einer zwischen den unterschiedlichen Phasen vorhandenen Phasengrenze bei einer Polung oder im Betrieb des Piezoaktors zu mechanischen Spannungen, die in der Folge zu einem Mikroriss oder zu einer Ausbreitung eines bereits vorhandenen Mikrorisses und damit zu einem Ausfall des 15 Piezoaktors führen können. Unterschiedliche Phasen, die ungleichmäßig über den inhomogenen keramischen Körper verteilt sind, können von unterschiedlichem keramischen Material oder von Einschlüssen gebildet werden. Denkbar ist auch, dass die Phasen aus keramischem Material gleicher 20 Zusammensetzung aber jeweils unterschiedlicher Gefügestruktur bestehen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, aufzuzeigen, wie ein im Wesentlichen homogener keramischer Körper 25 bereitgestellt werden kann.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein keramischer Körper mit mindestens einer im Wesentlichen homogenen Keramiksicht angegeben. Der keramische Körper ist dadurch gekennzeichnet, 30 dass die Keramiksicht eine Vielzahl von übereinander angeordneten homogenen Keramikteilschichten aufweist.

Zur Lösung der Aufgabe wird zudem ein Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers angegeben. Das Verfahren 35 ist durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet: a) Übereinander Anordnen der homogenen Keramikteilschichten zu

einem Stapel und b) Verfestigen des Stapels, wobei der keramische Körper mit der Keramiksicht gebildet wird.

Die grundlegende Idee besteht darin, den Keramikkörper
5 beziehungsweise eine Keramiksicht des Keramikkörpers aus einer Vielzahl von homogenen Keramikteilschichten aufzubauen und so zu einem Keramikkörper mit einer homogenen Keramiksicht zu kommen. Die Keramikteilschichten können dabei gleiche oder unterschiedliche Teilschichtdicken
10 aufweisen. Eine homogene Keramikteilsicht besteht beispielsweise aus einer einzigen Phase. Die Phase wird beispielsweise von einem einzigen keramischen Material gebildet, dessen Zusammensetzung ortsunabhängig. Dies bedeutet, dass kein Sprung und auch nahezu kein Gradient in
15 der Zusammensetzung des keramischen Material in der Keramikteilsicht vorhanden ist. Denkbar ist aber auch, dass mehrere Phasen vorliegen. Beispielsweise besteht die Keramiksicht aus verschiedenen keramischen Materialien. Die keramischen Materialien sind über die gesamte
20 Keramikteilsicht gleichmäßig verteilt. Es tritt keine Konzentrierung eines der keramischen Materialien auf. Darüber hinaus können auch keramische und nicht-keramische Phasen vorliegen. Diese nicht-keramische Phase ist beispielsweise ein organischer Binder einer Grünkeramik.

Die homogenen Keramikteilschichten sind derart übereinander angeordnet, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Fremdphase zwischen den Keramikteilschichten reduziert ist. Die Keramiksicht, die aus den homogenen
30 Keramikteilschichten besteht, ist somit ebenfalls homogen. Die Keramikteilschichten können dabei durchaus voneinander abweichende Zusammensetzungen aufweisen. Beispielsweise sind alle Keramikteilschichten der Keramiksicht aus Bleizirkonattitanat. Die Keramikteilschichten können sich
35 aber durch die Dotierung des Bleizirkonattitanats (Art und Anteil der Dotierung) von einander unterscheiden. So lässt sich beispielsweise ein Dotierungsgradient in der

Keramikschicht realisieren. Unbeeinflusst davon bleibt aber die Homogenität der Keramikschicht. Die gesamte Keramikschicht besteht aus Bleizirkonattitanat. Durch die Dotierungen wird das Kristallsystem des Bleizirkonattitanats 5 nahezu nicht verändert.

- Zum Herstellen des keramischen Körpers mit der homogenen Keramikschicht werden die homogenen Keramikteilschichten direkt übereinander angeordnet. Zwischen den 10 Keramikteilschichten treten im Wesentlichen keine bleibenden Fremdphasen auf. Eine bleibende Fremdphase würde beispielsweise zwischen den Keramikteilschichten angeordnetes Elektrodenmaterial bilden, das durch das nachfolgende Verfestigen des Stapels nicht entfernt wird. Eine nicht-15 bleibende Fremdphase ist beispielsweise Luft, die beim Verfestigen des Stapels entfernt wird. Durch das Verfestigen des Stapels entsteht der keramische Körper mit der im Wesentlichen homogenen Keramikschicht.
- 20 Die homogene Keramikschicht zeichnet sich beispielsweise durch eine gleichmäßige Gefügestruktur aus. Dies führt zu einer Verbesserung bestimmter Eigenschaften des keramischen Körpers im Vergleich zu einem keramischen Körper mit einer inhomogenen Keramikschicht. Beispielsweise ist der keramische 25 Körper ein piezoelektrischer Transformator. Eine geringe Anzahl an Poren, Einschlüssen, Fremdphasen oder anderen Defekten in der Keramikschicht führt bei dem piezoelektrischen Transformator beispielsweise zu einer relativ hohen Piezoaktivität. Zudem wird ein homogener 30 Polungszustand realisiert, der zu einer gleichmäßigen mechanischen Belastung im Betrieb des Transformators führt. Es resultiert eine hohe Lebensdauer und eine hohe Zuverlässigkeit des Transformators.
- 35 In einer besonderen Ausgestaltung weist die Keramikteilschicht ein aus der Gruppe Grünkeramik und/oder Sinterkeramik ausgewähltes keramisches Material auf.

Sinterkeramik ist eine zumindest teilweise verdichtete Keramik. Grünkeramik ist eine noch nicht verdichtete Keramik. Der keramische Körper kann als gesinterter keramischer Körper oder auch als Grünteil (nicht gesinterter keramischer Körper) vorliegen. Aus dem keramischen Körper in Form eines Grünteils wird ein gesinterter keramischer Körper hergestellt.

Beispielsweise werden als homogene Keramikteilschichten zum Herstellen des keramischen Körpers in Form eines Grünteils keramische Grünfolien mit einer Grünkeramik verwendet. Diese keramischen Grünfolien bestehen beispielsweise aus pulverförmigem keramischen Material und einem organischen Binder. Die Grünfolien bestehen aus homogen verteiltem keramischen und nicht-keramischen Material. Zum Herstellen der keramischen Grünfolien werden Standardverfahren wie Schlickerguss oder Foliengießen angewandt. Das pulverförmige keramische Material besteht beispielsweise aus kalzinierter Keramik.

Durch nachfolgendes Laminieren und Sintern des Stapels aus den Grünfolien entsteht der keramische Körper mit der homogenen Keramikschicht aus gesinterten homogenen Keramikteilschichten. Die Keramikteilschichten bestehen aus der Sinterkeramik.

In einer besonderen Ausgestaltung weist zumindest eine der Keramikteilschichten eine aus dem Bereich von einschließlich 5 µm bis einschließlich 250 µm ausgewählte Teilschichtdicke auf. Die Keramikteilschichten in Form von keramischen Grünfolien verfügen bei den angegebenen Teilschichtdicken über sehr feine pulverförmige keramische Materialien. Diese sehr feinen pulverförmigen keramischen Materialien führen zu einer verbesserten chemischen Homogenität der Grünfolie, einer höheren Sinteraktivität und damit zu einer bei tieferen Temperaturen stattfindenden Verdichtung der keramischen Materialien. Die Sintertemperatur ist relativ niedrig. Beim Herstellverfahren der keramischen Grünfolien mit den feinen Ausgangspulvtern ist dabei eine sehr gute Entgasbarkeit und

Filtrierbarkeit eines für die Herstellung der keramischen Grünfolien benötigten Schlickers erreichbar. Es resultiert eine geringere Wahrscheinlichkeit für Defekte in dem herzustellenden keramischen Körper. Eine Korngrößenverteilung

5 (Gefügestruktur) innerhalb einer aus einer keramischen Grünfolie hergestellten Keramikteilschicht ist gleichmäßig. Die aus den Keramikteilschichten bestehende Keramiksicht zeichnet sich ebenfalls durch diese gleichmäßige Korngrößenverteilung aus.

10 Das Verfestigen des Stapels aus den Grünfolien erfolgt beispielsweise durch Laminieren. Das Laminieren umfasst beispielsweise ein uniaxiales oder isostatisches Verpressen der keramischen Grünfolien des Stapels.

15 Das Verfestigen des Stapels umfasst insbesondere eine Wärmebehandlung des Stapels. Die Wärmebehandlung ist beispielsweise ein Entbindern der Grüneramik. Insbesondere beinhaltet die Wärmebehandlung ein Sintern des Stapels.

20 In einer besonderen Ausgestaltung werden so viele keramische Grünfolien übereinander gestapelt, dass ein keramischer Körper mit einer Keramiksicht entsteht, die eine aus dem Bereich von einschließlich 10 µm bis einschließlich 5 mm
25 ausgewählte Gesamtschichtdicke aufweist. In Abhängigkeit von einer Anzahl von verwendeten Keramikteilschichten und deren Teilschichtdicken ist ein Keramikkörper mit einer sehr dünnen homogenen Keramiksicht zugänglich. Insbesondere kann der Keramikkörper aber auch eine sehr dicke, homogene
30 Keramiksicht aufweisen. Es resultiert ein keramischer Volumenkörper mit einer relativ dicken homogenen Keramiksicht. Diese dicke homogene Keramiksicht weist insbesondere eine Gesamtschichtdicke von über 400 µm auf. Im Vergleich zur Keramiksicht eines mit einem herkömmlichen
35 Verfahren (Pressverfahren, Blocksinterung) hergestellten keramischen Volumenkörpers zeichnet sich aber die

Keramikschicht aus den Keramikteilschichten durch eine deutlich höhere Homogenität aus.

In einer weiteren Ausgestaltung ist an mindestens einem
5 Oberflächenabschnitt der Keramikschicht mindestens eine Elektrodenschicht angeordnet. Vorzugsweise ist an mindestens einem weiteren Oberflächenabschnitt der Keramikschicht mindestens eine weitere Elektrodenschicht derart angeordnet, dass die Elektrodenschichten einander gegenüber liegend und
10 die Keramikschicht zwischen den Elektrodenschichten angeordnet sind. Ein derartiger keramischer Körper ist beispielsweise ein Kondensator.

In einer weiteren Ausgestaltung ist mindestens eine der
15 Elektrodenschichten zwischen der Keramikschicht und mindestens einer weiteren Keramikschicht angeordnet. Die Keramikschicht ist im Wesentlichen durch die weitere Keramikschicht abgedeckt. Die Elektrodenschicht ist durch die weitere Keramikschicht vergraben. Bei einem piezoelektrischen
20 Bauteil ist die weitere Keramikschicht beispielsweise so ausgestaltet, dass eine elektrische und/oder mechanische Eigenschaft des Bauteils nicht oder nur kaum beeinflusst wird. Leistungsdaten des Bauteils bleiben erhalten. Die weitere Keramikschicht ist beispielsweise sehr dünn. Die weitere Keramikschicht kann dabei auch als sogenannte Pufferschicht fungieren. Dies ist beispielsweise dann vorteilhaft, wenn der keramische Körper in einer gegenüber dem Elektrodenmaterial der Elektrodenschicht reaktiven Atmosphäre eingesetzt wird. Beispielsweise wird der
30 keramische Körper in einer Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit eingesetzt. Als Folge davon könnten Migrationseffekte des Elektrodenmaterials, beispielsweise Silber-Migration, und elektrochemische Diffusionsprozesse auftreten. Eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit des
35 keramischen Körpers könnte daraus resultieren. Überschläge und Kurzschlüsse wären die Folge. Es ist insbesondere vorteilhaft, wenn die weitere Keramikschicht beim Sintern

gegenüber dem keramischen Material der Keramikschicht und Keramikteilschichten und gegenüber einer Sinterumgebung reaktionsträge ist.

- 5 Zur elektrischen Kontaktierung der Elektrodenschicht und der weiteren Elektrodenschicht bieten sich verschiedene Varianten an. Beispielsweise sind die Elektrodenschichten an voneinander getrennte, seitliche Oberflächenabschnitte des keramischen Körpers geführt. Zur elektrischen Kontaktierung 10 der Elektrodenschichten wird an den Oberflächenabschnitten jeweils eine Außenmetallisierung angebracht. Das Anbringen der Außenmetallisierungen erfolgt beispielsweise in Dickschichttechnik oder durch Sputtern. Alternativ dazu kann zur elektrischen Kontaktierung in der die Elektrodenschicht 15 abdeckenden weiteren Keramikschicht eine elektrische Durchkontaktierung (Via) vorgesehen sein. Die elektrische Durchkontaktierung ist ein mit elektrisch leitendem Material befülltes Durchgangsloch (Bohrung) in der weiteren Keramikschicht. Denkbar ist auch, dass die weitere 20 Keramikschicht die darunter liegende Elektrodenschicht nicht ganz, sondern nur zum Teil abdeckt. Dadurch verbleibt ein frei zugänglicher Kontaktierungsbereich der Elektrodenschicht.
- 25 Das keramische Material ist beispielsweise ein Perowskit. Insbesondere ist das keramische Material eine Piezokeramik. Vorzugsweise ist die Piezokeramik ein Bleizirkonattitanat. In der Kombination des keramischen Körpers mit dem keramischen Material aus Bleizirkonattitanat zeichnet sich die Erfindung 30 durch folgende besonderen Vorteile aus: Durch die Verwendung von dünnen keramischen Grünfolien mit dem pulverförmigen keramischen Material kann die Sintertemperatur unter 1.300° C gesenkt werden. Dies beinhaltet den Vorteil, dass bestimmte, während des Sinterns flüchtige Komponenten des 35 Bleizirkonattitanats wie Bleioxid (PbO) oder Manganoxid (MnO) nicht in einer Stärke abdampfen, wie es bei dem vergleichbaren Blocksintern bei höheren Sintertemperaturen

auftreten würde. Zudem tritt bei niedrigeren Sintertemperaturen eine schädliche Reaktion mit einem Sinterhilfsmittel (beispielsweise eine Unterlegplatte oder einer Kapsel) nur in einem geringen Maß auf. Eine 5 Oberflächenschicht des Keramikkörpers oder der Keramiksicht, die mit dem Sintermittel während des Sinterns mit in Kontakt steht, bleibt weitgehend homogen. Die Oberflächenschicht wird nicht, wie beim Blocksintern bei erhöhten Temperaturen üblich, bis in eine Tiefe von 1 mm bis 10 3 mm zerstört. Nach dem Herstellen des keramischen Körpers muss die Oberflächenschicht nicht durch Schleifen, Sägen oder ähnliches abgetragen werden.

Besonders vorteilhaft im Zusammenhang mit Bleizirkonattitanat 15 sind die Elektrodenschicht und die weitere Keramiksicht. Jede dieser Schichten kann als Diffusionssperre für die genannten flüchtigen Bestandteile des Bleizirkonattitanats fungieren. Umgekehrt kann durch diese Schichten auch ein Eindiffundieren unerwünschter Fremdatome aus der Umgebung 20 unterbunden werden. Eine Zusammensetzung des Bleizirkonattitanats mit einem bestimmten Sauerstoffanteil oder einem bestimmten Anteil eines Dotierstoffs ändert sich nicht. Vorteilhaft steht während des Sinterns der keramische Körper über eine reaktionsträge weitere Keramiksicht mit den Sinterhilfsmitteln in Kontakt.

Insbesondere ist der keramische Körper aus der Gruppe piezoelektrischer Transistor oder piezoelektrischer Biegewandler ausgewählt. Denkbar ist aber auch jedes andere 30 keramische Bauteil, bei dem eine Keramiksicht mit einer entsprechenden Dicke hergestellt werden soll. Durch die Anwendung der Vielschichttechnik ist es möglich, den keramischen Körper mit einer homogenen Keramiksicht herzustellen.

35 Zusammenfassend ergeben sich mit der Erfindung folgende wesentlichen Vorteile:

- Es ist ein keramischer Körper mit einer im Wesentlichen homogenen Keramikschicht mit einer geringen Anzahl an Poren, Einschlüssen, Fremdphasen und anderen Defekten zugänglich. Die Keramikschicht verfügt über eine hohe Homogenität und gleichmäßige Gefügestruktur.
- Die hohe Homogenität und gleichmäßige Gefügestruktur führt zu einer verminderter Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Mikro- und Makrorissen bei einer mechanischen oder thermischen Belastung des keramischen Körpers. Ein Wachstum vorhandener Risse wird unterdrückt. Es resultieren eine lange Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit des keramischen Körpers.
- Beim Herstellen der Keramikschicht aus keramischen Grünfolien findet ein Verdichten bei einer relativ niedrigen Sintertemperatur statt. Eine niedrige Sintertemperatur führt zu einer gleichmäßigen Gefügestruktur. Die gleichmäßige Gefügestruktur tritt insbesondere auch in einem Randbereich (Oberflächenschicht) der Keramikschichten auf.

Anhand mehrerer Ausführungsbeispiele und der dazugehörigen Figuren wird die Erfindung im Folgenden näher erläutert. Die Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabsgerechten Abbildungen dar.

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels des keramischen Körpers in Form eines Transformators.

Figur 2 zeigt einen Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels des keramischen Körpers in Form eines Biegewandlers.

Figuren 3A bis 3C zeigen verschiedene elektrische Kontaktierungsmöglichkeiten einer vergrabenen Elektrodenschicht des keramischen Körpers.

Figur 4 zeigt ein Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers.

5 Ausführungsbeispiel 1:

Der keramische Körper 1 ist ein piezoelektrischer Transformator 11 (Figur 1). Der piezoelektrische Transformator 11 besteht aus einer im Wesentlichen homogenen Keramikschicht 2, die an zwei gegenüber liegenden Oberflächenabschnitten 7 und 9 jeweils eine Elektrodenschicht 8 und 10 aufweist. Die homogene Keramikschicht 2 besteht aus einer Vielzahl von übereinander angeordneten homogenen Keramikteilschichten 3. Die Keramikteilschichten 3 und damit die gesamte Keramikschicht 2 bestehen aus keramischem Material 6 in Form von Sinterkeramik. Der piezoelektrische Transformator 11 ist ein gesinterter keramischer Körper 1. Das keramische Material 6 ist Bleizirkonattitanat.

Jede der Keramikteilschichten 3 verfügt über eine Teilschichtdicke 4 von etwa 20 µm. Übereinander sind 20 derartige Keramikteilschichten angeordnet. Der piezoelektrische Transformator 11 verfügt über eine homogene Keramikschicht 2 mit einer Gesamtschichtdicke 5 von etwa 500 µm.

Ausführungsbeispiel 2:

Gemäß einem weiteren, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel des Transformators 11 sind die Elektrodenschichten 8 und 10 entsprechend der Elektrodenschichten 8 und 10 des Biegewandlers 12 des zweiten Ausführungsbeispiels (vgl. Figur 2) unter weiteren Keramikschichten 13 vergraben.

Ausführungsbeispiel 3:

Der keramische Körper 1 ist ein piezoelektrischer Biegelwandler 12 (Figur 2). Im Vergleich zum vorher beschriebenen Transistor besteht die homogene Keramikschicht des Biegelwandlers aus fünf homogenen Keramikteilschichten mit Teilschichtdicken von etwa 20 µm. Zur Maximierung der Auslenkung sind die Elektrodenschichten 8 und 10 bis an einen Rand der homogenen Keramikschicht 2 und damit an einen seitlichen Oberflächenabschnitt 17 des piezokeramischen Biegelwandlers 12 geführt.

Die Elektrodenschichten 8 und 10 sind großflächig von jeweils einer weiteren Keramikschicht 13 abgedeckt. Die Schichtdicke der weiteren Keramikschichten 13 beträgt etwa 10 µm. Die Elektrodenschichten 8 und 10 sind unter den weiteren Keramikschichten 13 vergraben. Dadurch kann der piezoelektrische Biegelandler 12 auch in einer feuchten, gegenüber dem Elektrodenmaterial der Elektrodenschichten 8 und 10 reaktiven Umgebung mit einer hohen Langzeitstabilität eingesetzt werden.

Ausführungsbeispiel 4:

Gemäß einem weiteren, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel des Biegelwandlers 12 sind die Elektrodenschichten 8 und 10 entsprechend der Elektrodenschichten 8 und 10 des Transistors 11 des ersten Ausführungsbeispiels nicht durch weitere Elektrodenschichten abgedeckt und frei zugänglich (vgl. Figur 1).

Zur elektrischen Kontaktierung der unter der weiteren Keramikschicht 13 verborgenen Elektrodenschicht 8 oder 10 ist gemäß einer ersten Ausführungsform an dem seitlichen Oberflächenabschnitt 17 des Transistors 11 beziehungsweise des Biegelwandlers 12 eine Außenmetallisierung 14 durch Sputtern angebracht (Figur 3A). In einer zweiten

13

Ausführungsform erfolgt die elektrische Kontaktierung mit Hilfe einer elektrischen Durchkontaktierung 15 (Figur 3B). Gemäß einer dritten Ausführungsform erfolgt die elektrische Kontaktierung über einen frei zugänglichen, nicht durch die weitere Keramikschicht 13 abgedeckten freien

5 Kontaktierungsbereich 16 der jeweiligen Elektrodenenschicht 8 und 10 (Figur 3C).

Zum Herstellen des piezoelektrischen Transformators
10 beziehungsweise des piezoelektrischen Biegewandlers werden als Ausgangspunkt homogene Keramikteilschichten in Form keramischer Grünfolien mit einer Grünerkeramik verwendet. Die keramischen Grünfolien werden übereinander zu einem Stapel angeordnet (18, Figur 4). Dazu wird eine Matrize verwendet,
15 um ein genaues Übereinanderstapeln der keramischen Grünfolien zu ermöglichen. Nachfolgend wird der Stapel verfestigt (19, Figur 4). Dies erfolgt unter einachsigem Verpressen des Stapels (Laminieren). In einer alternativen Ausgestaltung erfolgt die Verfestigung durch das Anwenden von isostatischem
20 Druck. Nach dem Laminieren wird der Stapel einer Wärmebehandlung unterzogen. Die Wärmebehandlung umfasst dabei ein Entbindern und ein nachfolgendes Sintern.

Patentansprüche

1. Keramischer Körper (1) mit mindestens einer im Wesentlichen homogenen Keramikschicht (2),
5 dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschicht (2) eine Vielzahl von übereinander angeordneten homogenen Keramikteilschichten (3) aufweist.
- 10 2. Keramischer Körper nach Anspruch 1, bei dem die Keramikteilschichten (3) ein aus der Gruppe Grünkeramik und/oder Sinterkeramik ausgewähltes keramisches Material (6) aufweisen.
- 15 3. Keramischer Körper nach Anspruch 1 oder 2, bei dem zumindest eine der Keramikteilschichten (3) eine aus dem Bereich von einschließlich 5 µm bis einschließlich 250 µm ausgewählte Teilschichtdicke (4) aufweist.
- 20 4. Keramischer Körper nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Keramikschicht (2) eine aus dem Bereich von einschließlich 10 µm bis einschließlich 5 mm ausgewählte Gesamtschichtdicke (5) aufweist.
- 25 5. Keramischer Körper nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem an mindestens einem Oberflächenabschnitt (7) der Keramikschicht (2) mindestens eine Elektrodenschicht (8) angeordnet ist.
- 30 6. Keramischer Körper nach Anspruch 5, bei dem an mindestens einem weiteren Oberflächenabschnitt (9) der Keramikschicht (2) mindestens eine weitere Elektrodenschicht (10) derart angeordnet ist, dass die Elektrodenschichten (8, 10) einander gegenüber liegend und die Keramikschicht (2) zwischen den Elektrodenschichten (8, 10) angeordnet sind.

7. Keramischer Körper nach Anspruch 5 oder 6, bei dem mindestens eine der Elektrodenschichten (8, 10) zwischen der Keramikschicht (2) und mindestens einer weiteren Keramikschicht (13) angeordnet ist.
8. Keramischer Körper nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem das keramische Material (6) eine Piezokeramik aufweist.
- 10 9. Keramischer Körper nach Anspruch 8, bei dem die Piezokeramik (6) ein Bleizirkonattitanat ist.
- 10 10. Keramischer Körper nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Körper (1) aus der Gruppe piezoelektrischer Transformator (11) oder piezoelektrischer Biegewandler (12) ausgewählt ist.
11. Verfahren zum Herstellen eines keramischen Körpers nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
 - a) Übereinander Anordnen der homogenen Keramikteilschichten zu einem Stapel und
 - b) Verfestigen des Stapels, wobei der keramische Körper mit der Keramikschicht gebildet wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei als homogene Keramikteilschichten keramische Grünfolien mit einer Grünkeramik verwendet werden.
- 30 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei das Verfestigen des Stapels ein Laminieren umfasst.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das Verfestigen des Stapels eine Wärmebehandlung des Stapels umfasst.

Zusammenfassung

**Keramischer Körper mit einer homogenen Keramiksicht und
Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers**

5 Die Erfindung betrifft einen keramischen Körper (1) mit mindestens einer im Wesentlichen homogenen Keramiksicht (2). Die homogene Keramiksicht (2) weist eine Vielzahl von 10 übereinander angeordneten homogenen Keramikteilschichten (4) auf. Zum Herstellen des keramischen Körpers werden beispielweise homogene Keramikteilschichten in Form von keramischen Grünfolien übereinander gestapelt, entbindert und gesintert. Der keramische Körper kann im Vergleich zu einem 15 üblichen Blocksintern bei einer niedrigeren Sintertemperatur verdichtet werden. Die Keramiksicht des keramischen Körpers weist darüber hinaus eine geringe Anzahl an Poren, Einschlüssen, Fremdphasen und anderen Defekten auf und verfügt über eine hohe Homogenität. Der keramische Körper ist insbesondere ein piezoelektrischer Biegelwandler (12) oder ein 20 piezoelektrischer Transformator (11). Vorteilhaft weisen der Biegelandler oder der Transformator zur elektrischen Ansteuerung Elektroden (8) auf, die unter einer weiteren Keramiksicht (13) vergraben sind. Die weitere Keramiksicht und/oder die Elektrodenschicht dienen als 25 Diffusionsbarriere. Beim Sintern verarmt die homogene Keramiksicht nicht an leicht flüchtigen Bestandteilen und bei einem Einsatz in feuchter Umgebung wird die Diffusion von Feuchtigkeit in die homogene Keramiksicht unterbunden.

30 Figur 1

1/2

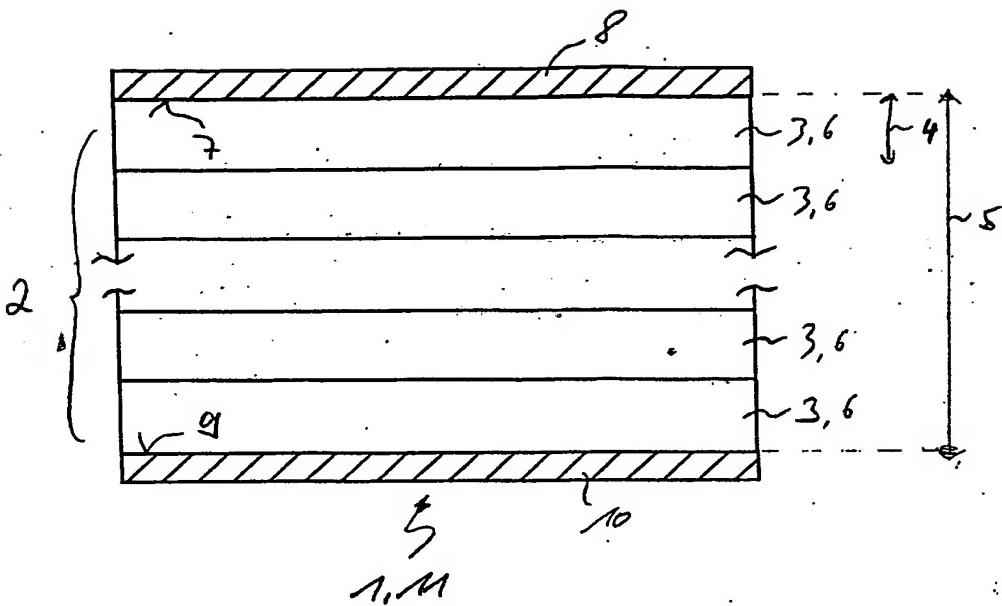


FIG 1

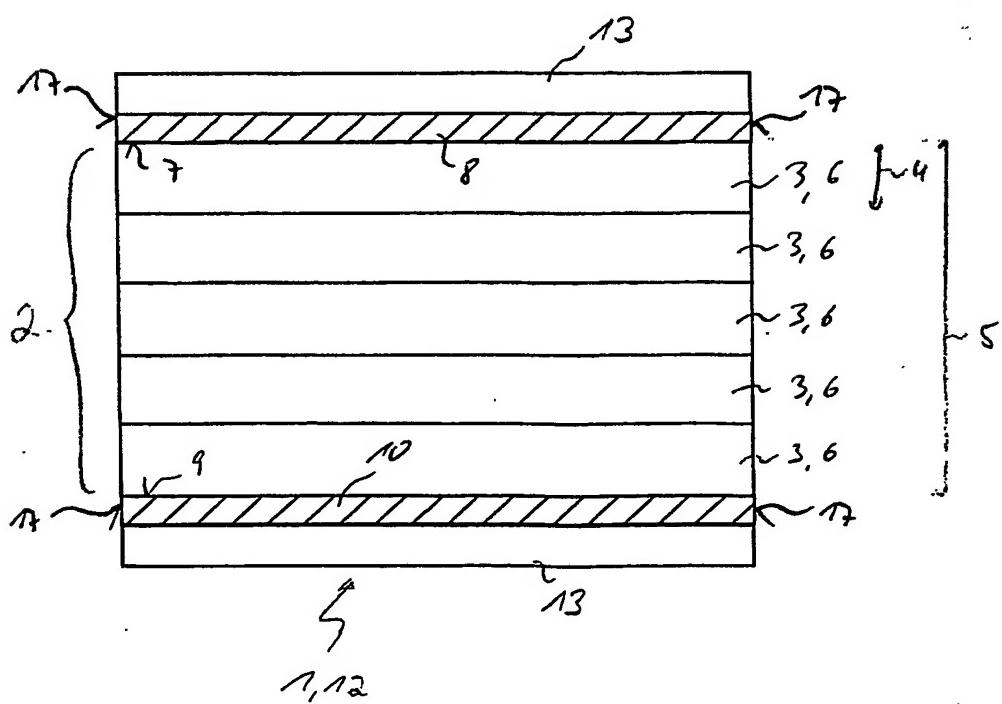


FIG 2

2/2

FIG 3A

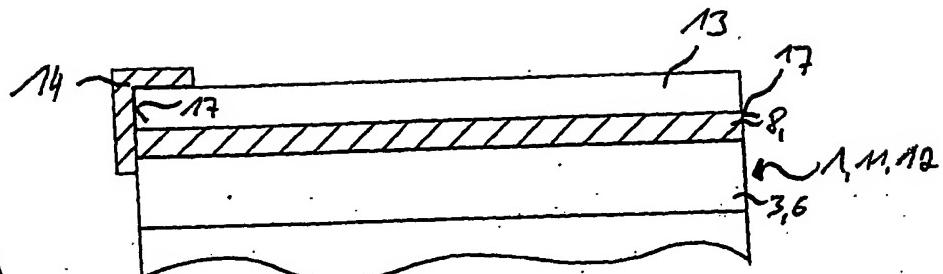


FIG 3B

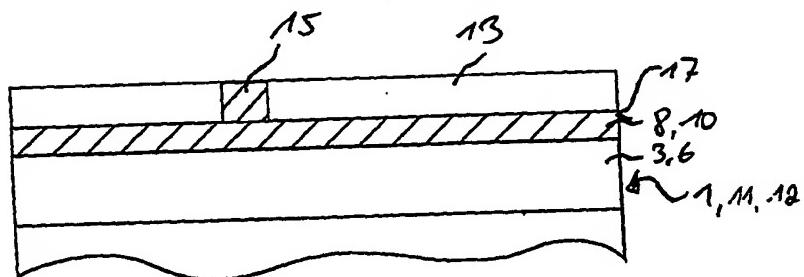


FIG 3C

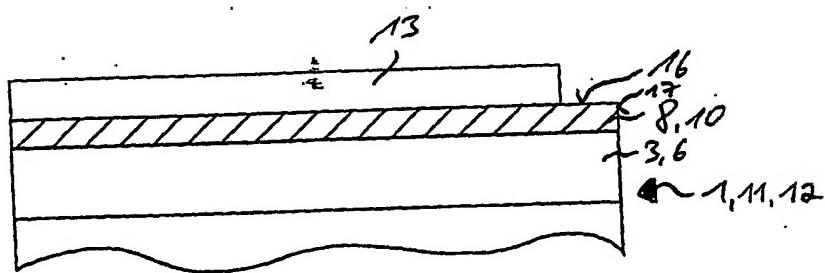


FIG 4

Übereinander Anordnen homogener Keramikteilschichten zu einem Stapel

~18

Verfestigen des Stacks

~19

PCT Application
DE0302776



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.